

при температурах примерно 300 °С и 900°С, которые связаны со структурными превращениями в огнезащитном покрытии, а именно: дегидратацией и деаммонизацией струвита при 300°С и кристаллизацией орто- и пирофосфатов магния в температурном диапазоне 600-900 °С. Введение вермикулита снижает падение прочностных и адгезионных свойств покрытия в указанных температурных интервалах. Это обеспечивает стабильность проявления требуемых свойств покрытия в диапазоне температур 100—1100°С и тем самым гарантирует надежность его работы при пожаре.

Разработанные материалы являются эффективными и экономически доступными. Они позволяют решить проблему огнезащиты стальных конструкций и, безусловно, могут быть использованы в строительном комплексе страны.

ЛИТЕРАТУРА

1 Полевода И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01/БНТУ. – Минск, 2004. – 23с.

2 Пожарная безопасность строительства: Г. И. Касперов [и др.] курс лекций.- Минск: КИИ МЧС Республики Беларусь, 2007. – 266 с.

3 Axel Kalleder, Non-flammable materials by nanotechnology. Proceedings of Conference “Fire Retardant Coatings III”, Axel Kalleder Berlin: Vincentz. P. 77 – 85.

УДК 666.295.5

А. Н. Шиманская, асп.

И.А. Левицкий, проф., д-р техн. наук
keramika@belstu.by, (БГТУ, г. Минск)

БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ГЛАЗУРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ

В настоящее время мировой ущерб, причиняемый микроорганизмами, разрушающими материалы и вызывающими заболевания, исчисляется миллиардами долларов, поэтому проблема защиты от биоповреждения конструкций зданий и сооружений является исключительно актуальной. Другой важной социальной и материаловедческой проблемой является обеспечение надежных пролонгированных антибактериальных свойств объектов жизнедеятельности человека, т.к. накопление микроорганизмов в жилых помещениях приводит к инфицированию людей и животных и возникновению эпидемий. В связи с этим большое внимание уделяется созданию и использованию в различных отраслях промышленности и быту антибактериальных материалов.

Для дезинфекции традиционно используются ультрафиолетовое излучение, а также целый ряд химических средств. Однако ультрафиолетовое излучение характеризуется низкой проникающей способностью; химические дезинфицирующие средства, содержащие сильные окислители, требуют тщательной промывки поверхности после их применения, а их длительное использование может привести к искусственному отбору устойчивых форм микроорганизмов. Альтернативным методом дезинфекции является возможность введения в состав покрытий компонентов, обеспечивающих бактерицидное действие [1].

Керамическая плитка с биоцидным покрытием отличается следующими уникальными характеристиками: обладает антибактериальным эффектом, легка в очистке, способна к устранению запахов и к улучшению микроклимата помещений, нетоксична, имеет длительный срок эксплуатации, а также характеризуются самоочищающимися свойствами за счет окисления органических веществ активными формами кислорода.

Несмотря на актуальность получения и использования подобных покрытий в Республике Беларусь широкомасштабные исследования в данном направлении не проводились.

В мировой практике в качестве антибактериальных агентов используется большое количество химических агентов посредством введения их в составы различных материалов, а также путем обработки поверхности строительных материалов. Данные химические соединения по механизму действия на клетки микроорганизмов могут быть разделены на две группы. К первой группе относятся органические соединения, биоцидные свойства которых обеспечиваются за счет повреждения клеточной стенки (лизозим) или цитоплазматической мембраны микроорганизма (фенолы, хлороформ, крезолы, нейтральные мыла, детергенты, эфиры, ионы водорода, спирты, толуолы).

Ко второй группе химических веществ относятся неорганические материалы: оксид углерода, перманганат калия, пероксид водорода, ионы тяжелых металлов, которые взаимодействуя с гидроксильными, сульфгидридными, карбоксильными и амино- группами, вызывают изменения белков и коферментов [2]. В зависимости от эффективности действия ионы тяжелых металлов можно расположить в ряд: $\text{Ag}^+ > \text{Hg}^+ > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Au}^{3+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ [3].

В состав стеклокристаллических покрытий для уничтожения широкой гаммы вредных бактерий и вирусов вводятся неорганические порошки на основе серебра, гидроксипатита, модифицированного оксидом титана, фосфатов и оксидов меди и цинка, а также титанатов цинка.

Наибольшее распространение получило использование диоксида титана в силу его относительной дешевизны и химической и фотохимической стойкостью и высокой фотокаталитической активностью.

Оксид титана (IV) – амфотерный оксид, существующий в виде нескольких модификаций: природные кристаллы с тетрагональной (анатаз, рутил) и ромбической сингонией (брукит), а также искусственных модификаций высокого давления – ромбической (IV) и гексагональной (V).

Суть фотокаталитических свойств TiO_2 заключается в том, что в объеме полупроводниковой частицы под действием электромагнитного излучения генерируются электрон – дырочные пары, которые при выходе на поверхность частицы TiO_2 вступают в окислительно-восстановительные реакции с адсорбированными молекулами. Каждая кристаллическая модификация оксида титана (IV) характеризуется своим значением ширины запрещенной зоны: рутил – 3,0 эВ; анатаз – 3,2 эВ; брукит – 3,3 эВ. Для диоксида титана процесс фотоактивации выглядит следующим образом [4]:

- 1) $\text{TiO}_2 + h\nu \rightarrow e^-$ (выбитый электрон) + h^+ (электрон-дырка)
- 2) $\text{O}_2 + e^- \rightarrow \text{O}_2^-$; $h^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \cdot\text{OH} + \text{H}^+$
- 3) $\cdot\text{OH} + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$; $\text{O}_2^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \cdot\text{OH} + \text{OH}^- + \text{O}_2$; $\text{O}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \cdot\text{OOH}$
- 4) $\cdot\text{OH} + \text{Organic} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$

Целью данного исследования является получение износостойких полуфриттованных покрытий, обладающих биоцидным действием, требуемыми физико-механическими свойствами и декоративно-эстетическими характеристиками.

Сырьевая композиция для получения износостойких полуфриттованных глазурей включала полевой шпат, диоксид титана, алюмо-боросиликатную фритту ОР, кварцевый песок, каолин, технический глинозем, доломит, волластонит и огнеупорную глину.

Разработанные стеклокристаллические глазурные покрытия хорошо заглушены, имеют матовую фактуру поверхности и высокую степень износостойкости, что позволяет использовать керамическую плитку для полов с данным покрытием в помещениях с малой и средней интенсивностью движения.

В Республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» (НПЦГ) (г. Минск, Республика Беларусь) проведены микробиологические исследования антимикробных свойств глазурного покрытия оптимального состава Ц-2 в соответствии ИСО 22196:2007. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица – Оценка антимикробной активности керамических покрытий, контаминированных тест-штаммом *Staphylococcus aureus* (S. Aureus)

Тест-штамм	Контрольный образец		Опытный образец	Антимикробная активность (R)
	0 ч	24 ч	24 ч	
Глазурное покрытие Ц-2				
S. aureusATCC 6538	4,09	3,75	3,83	−0,08
Глазурное покрытие Ц-2м (без фотоактивации)				
S. aureusATCC 6538	3,79	3,12	2,86	0,255
Глазурное покрытие Ц-2м (с фотоактивацией)				
S. aureusATCC 6538	3,79	2,94	2,65	0,293
<u>Примечание:</u> Количество микроорганизмов представлено как среднее арифметическое по результатам трех повторностей в lg КОЕ/мл. Фотоактивация образцов проводилась следующим образом: опытные и контрольные образцы выдерживались в течение светового дня в светлом месте без доступа прямых солнечных лучей при закрытых окнах при комнатной температуре				

Согласно проведенным исследованиям антимикробной активности в соответствии с ИСО 22196:2007 образец глазурного покрытия Ц-2 не обладает антимикробной активностью в отношении штамма *Staphylococcus aureus* (S. aureus) ATCC 6538.

С целью обеспечения бактерицидных свойств состав Ц-2 был модифицирован добавками гидроксиапатита, полученного жидкофазным синтезом, и соединениями серебра в количестве 0,8 %, которые были введены в состав фритты ОР.

В ходе многочисленных исследований выявлено, что катион цинка может частично изоморфно замещать Ca^{2+} в структуре фосфатов кальция, что обуславливает равномерное распределение Zn^{2+} в поверхностном слое стеклокристаллического покрытия. Патогенные микроорганизмы, обеспечивая свою жизнедеятельность за счет питания макроэлементами кальция и фосфора одновременно потребляют адсорбированные катионы цинка, что приводит к задержке их роста и, как следствие, усилению биоцидного эффекта глазури [5].

Результаты исследования антимикробной активности модифицированного состава Ц-2м в НПЦГ представлены в таблице.

Согласно проведенным исследованиям антимикробной активности в соответствии с ИСО 22196:2007 образец модифицированного глазурного покрытия Ц-2м обладает антимикробной активностью в отношении штамма S. aureus ATCC 6538 (R = 0,255 с достоверностью результатов исследования 0,033 без фотоактивации, R = 0,293 с достоверностью результатов исследования 0,033 с фотоактивацией).

Керамическую плитку с разработанным покрытием предполагается использовать в общественных и жилых зданиях: дома, офисы, магазины, гостиницы, рестораны, в том числе террасы, балконы и ле-

стницы. Кроме того, антибактериальные свойства позволят применять данный вид продукции для помещений с критичной гигиеной: медицинских учреждений, химических лабораторий, бассейнов, объектов пищевой промышленности. Социальная ценность данного вида продукции: обеспечение надежной долгосрочной антибактериальной защиты, а также снижение рисков развития и распространения колониеобразующих единиц (КОЕ).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide / K.P. Kuhn [et al.] // *Chemosphere*. – 2003. – V. 53. – P. 71–77.
- 2 Лысак, В.В. Микробиология / В.В. Лысак. – Минск: Издательство БГУ, 2007. – 426 с.
- 3 Саввова, О.В. Влияние катионов переменной валентности на биоцидные свойства стеклоэмалевых покрытий / О.В. Саввова, Л.Л. Брагина // *Стекло и керамика*. – 2013. – № 2. – С. 23–29.
- 4 Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: spectrum and mechanism of antimicrobial activity / Foster, H.A. [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2007. – V. 90(6). – P. 1847–1868.
- 5 Саввова, О.В. Исследование биоцидных свойств стеклокристаллических покрытий на основе стекол системы $R_2O-RO-TiO_2-R_2O_5-R_2O_3-SiO_2$ / О.В. Саввова, Л.Л. Брагина, Е.В. Бабич // *Стекло и керамика*. – 2012. – № 1. – С. 20–25.

УДК 666.616:539.38

А. И. Позняк, науч. сотр., канд. техн. наук
И. А. Левицкий, проф., д-р техн. наук
keramika@belstu.by (БГТУ, г. Минск)

КЕРАМИЧЕСКИЕ МАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛИТОК, УСТОЙЧИВЫХ К ДЕФОРМАЦИИ

Технологический процесс получения керамических плиток осуществляется на поточно-конвейерных линиях, включающих последовательность операций формования полуфабриката, его сушку, декорирование и однократный обжиг, который является одним из самых эффективных способов, позволяющих сократить расход топливно-энергетических ресурсов при производстве изделий. Однако при этом увеличивается процент брака готовой продукции за счет появления дефектов, одним из которых является деформация, выражающаяся в вогнутости или выпуклости поверхности изделий относительно диагонали или соответствующего технологического размера. Причины возникновения деформации зависят как от шихтового состава применяемых масс, так и от технологических параметров получения изде-